

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 626 795** <sup>(13)</sup> **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК

[F16B 17/00 \(2006.01\)](#)[F16B 11/00 \(2006.01\)](#)[F42B 10/46 \(2006.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 07.11.2018)

(21)(22) Заявка: [2016126262](#), 29.06.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.06.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.06.2016

(45) Опубликовано: [01.08.2017](#) Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2231875 C2, 27.06.2004. RU 2145005 C1, 27.01.2000. RU 2168815 C1, 10.06.2001. US 4520364 A1, 28.05.1985. EP 828312 B1, 22.01.2003.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
ФГАОУ ВПО "УРФУ", Центр  
интеллектуальной собственности, Маркс  
Т.В.

(72) Автор(ы):

Занкович Александр Владленович (RU),  
Плотников Петр Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "УРАЛЬСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА" (ФГАОУ ВПО  
"УРФУ") (RU)

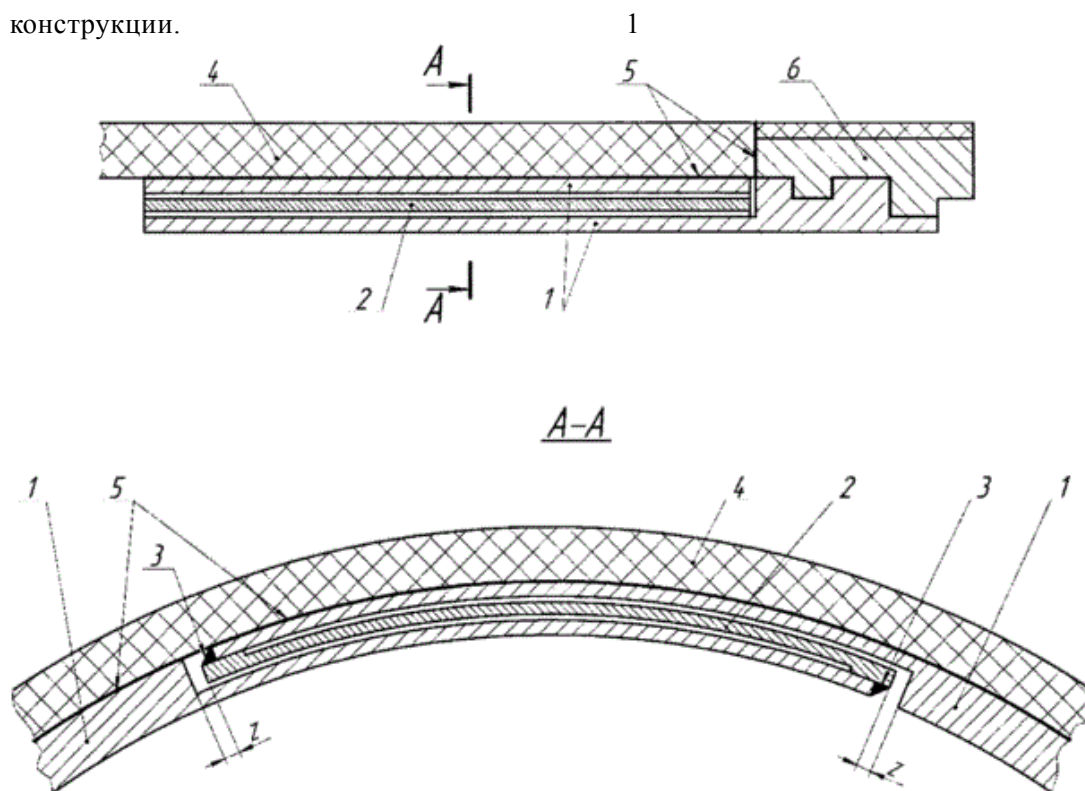
**(54) УЗЕЛ СОЕДИНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ШПАНГОУТОМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к конструкциям соосного соединения полых цилиндрических деталей из различных материалов. Узел соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом по форме полого цилиндра с наружным диаметром, меньшим внутреннего диаметра керамической оболочки, которые соединены соосно внахлестку. Шпангоут выполнен составным из нескольких цилиндрических сегментов, соединенных между собой цилиндрическими сегментными нахлесточными вставками из металлического сплава с увеличенным термическим коэффициентом линейного расширения по сравнению с материалом шпангоута. Изобретение направлено на повышение прочности и жесткости

конструкции.

ил.



Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для соосного нахлесточного соединения полых цилиндрических деталей, а именно, металлических деталей с керамическими или композитными, работающих с неконтролируемым нагревом соединяемых деталей.

Известен узел соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом с помощью адгезионного клеевого слоя-герметика (Русин М.Ю. Проектирование головных обтекателей ракет из керамических и композиционных материалов. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. - 64 с. (с. 55-56, рис. 3.12)). Однако главным недостатком является то, что при неконтролируемом нагреве соединения за счет разности термических коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) металлического шпангоута и керамической оболочки возникают значительные температурные расширения металлического шпангоута и, как следствие, недопустимые радиальные напряжения в керамической оболочке, в связи с чем ограничивается температура эксплуатации соединения.

Наиболее близким техническим решением к изобретению является конструкция соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом, описанная в книге Русина М.Ю. Проектирование головных обтекателей ракет из керамических и композиционных материалов. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 64 с. (с. 51-53, рис. 3.9.в), где соединение керамической оболочки и шпангоута осуществляется с помощью гофрированного соединительного элемента, позволяющего полностью компенсировать температурные деформации шпангоута и снизить уровень напряжений в керамической оболочке. Главными недостатками этого варианта соединения являются, во-первых, то, что гофрированный элемент снижает прочность и жесткость крепления керамической оболочки к шпангоуту, в связи с чем конструкция не будет выдерживать больших поперечных сил и изгибающих моментов; и, во-вторых, усложняется сборка конструкции.

Технический результат изобретения - уменьшение термических напряжений в керамической оболочке от температурного расширения металлического шпангоута с одновременным повышением жесткости крепления керамической оболочки к шпангоуту.

На чертеже показан общий вид узла соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом.

Шпангоут 1 выполнен в виде цилиндрической оболочки, составленной из нескольких цилиндрических сегментов, имеющих в окружном направлении на краях ступенчатую форму так, как показано на сечении А-А. Между соседними сегментами шпангоута в их ступенчатой части установлены цилиндрические сегменты-вставки 2, выполненные из материала с более высоким термическим коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) (например, из алюминиевого сплава). Эти сегменты-вставки 2 могут быть соединены с сегментами шпангоута 1 либо за счет сварных швов 3, либо с

помощью заклепок. В окружном сечении по периметру между сегментами шпангоута 1 и сегментами 2 выполнены зазоры Z. Такой составной шпангоут может быть соединен с корпусом 6 с помощью байонетного соединения. Керамическая оболочка-обтекатель 4 насажена на составной шпангоут и закреплена на нем с помощью высокотемпературного клея-герметика 5.

Устройство работает следующим образом.

При неконтролируемом нагреве происходит расширение, как керамической оболочки-обтекателя, так и шпангоута. Но так как ТКЛР материала сегментов шпангоута 1 выше, чем ТКЛР материала керамической оболочки-обтекателя 4, то сегменты шпангоута 1 будут иметь термические деформации (увеличение диаметра сегментов шпангоута 1) больше, чем термические деформации керамической оболочки. Цилиндрические сегменты-вставки 2, имеющие ТКЛР больше, чем ТКЛР сегментов шпангоута 1, при нагреве получают более значительные деформации, чем деформации сегментов шпангоута 1. За счет этого термического расширения сегмента-вставки 2 произойдет стягивание ступенчатых краев сегментов шпангоута с уменьшением зазоров Z с одновременным сохранением наружного диаметра составного шпангоута.

Длина дуги  $L_B$  цилиндрического сегмента-вставки 2 может быть определена по следующей формуле

$$L_B = \pi \cdot (\alpha_{ш} \cdot \Delta t_{ш} \cdot D_{ш} - \alpha_{к} \cdot D_{к}) / (\alpha_{в} \cdot \Delta t_{ш})$$

где  $\alpha_{ш}$  - ТКЛР материала шпангоута;  $\alpha_{к}$  - ТКЛР материала керамической оболочки;  $\alpha_{в}$  - ТКЛР материала цилиндрического сегмента-вставки;  $D_{ш}$  - наружный диаметр шпангоута;  $D_{к}$  - внутренний диаметр керамической оболочки;  $\Delta t_{ш}$  - разница начальной и конечной температуры шпангоута;  $\Delta t_{к}$  - разница начальной и конечной температуры керамической оболочки. Так, например, при нагреве керамической оболочки с внутренним диаметром 510 мм от 20 до 420°C и соответствующем нагреве стального шпангоута с наружным диаметром 510 мм от 20 до 400°C потребуются алюминиевая вставка с длиной дуги, равной 79,8 мм, которая может быть разбита на несколько цилиндрических сегментов.

Предлагаемый узел соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом позволит существенно снизить уровень радиальных напряжений в керамической оболочке, предотвращая ее преждевременное разрушение, а также сохранить высокую устойчивость при боковых нагрузках.

#### Формула изобретения

Узел соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом, имеющим форму полого цилиндра с наружным диаметром, меньшим внутреннего диаметра керамической оболочки, соединенные соосно внахлестку, отличающийся тем, что шпангоут выполнен составным из нескольких цилиндрических сегментов, соединенных между собой цилиндрическими сегментными нахлесточными вставками из металлического сплава с увеличенным термическим коэффициентом линейного расширения по сравнению с материалом шпангоута.

Узел соединения керамической оболочки  
с металлическим шпангоутом

